

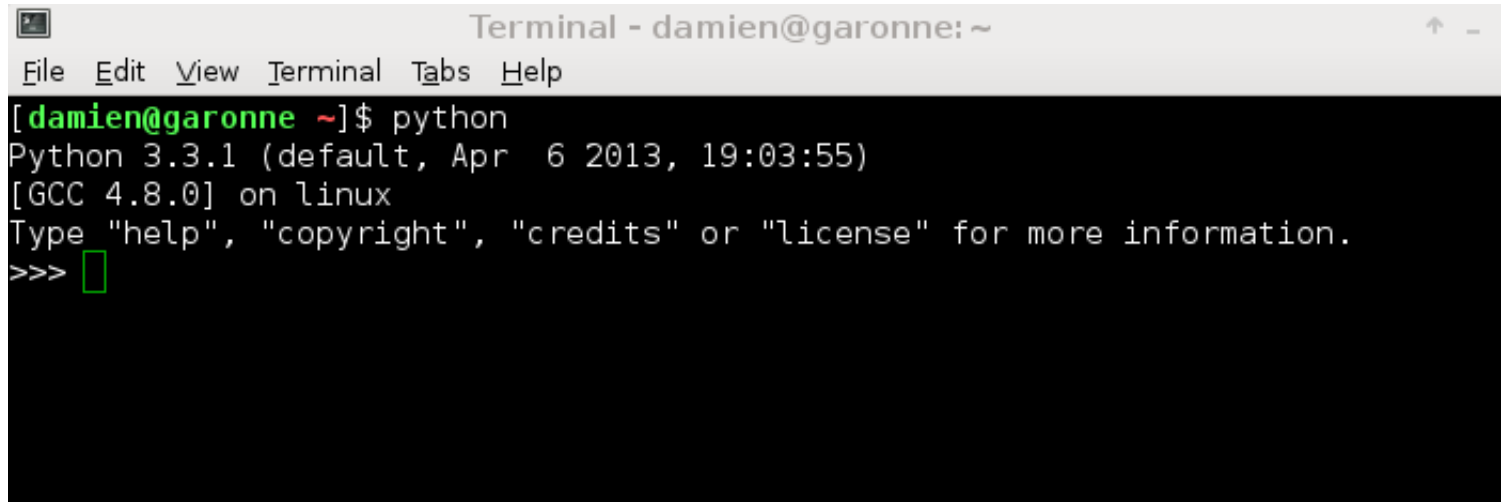
Introduction à la programmation

Python



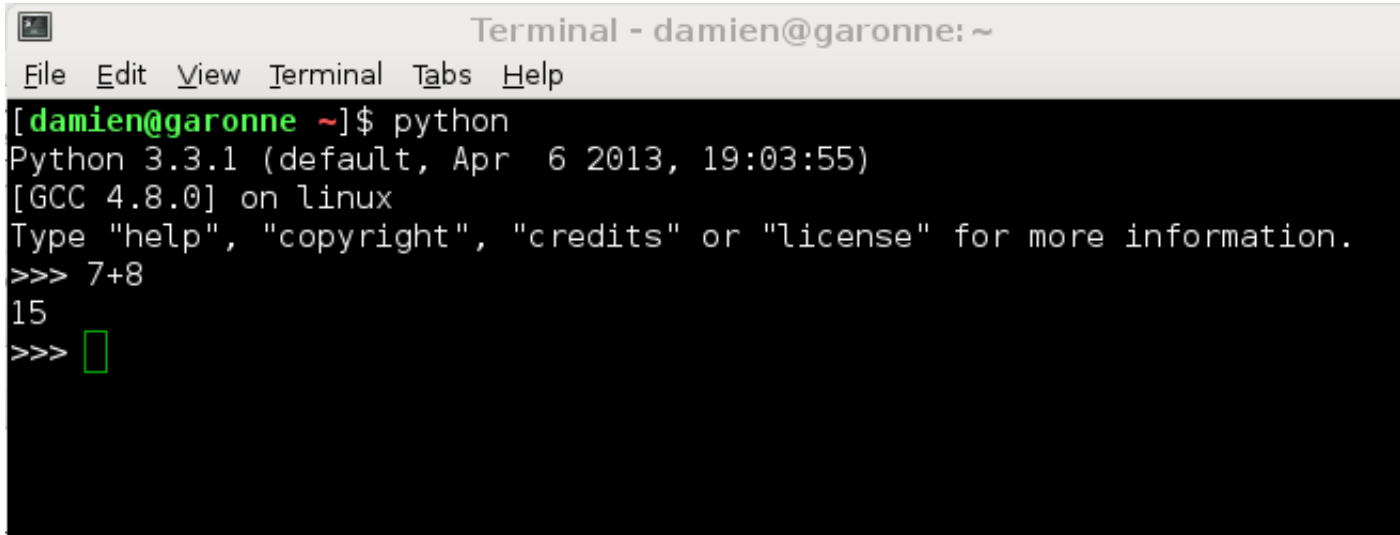
Damien Rohmer

Premier "programme"

A terminal window titled "Terminal - damien@garonne: ~" with a menu bar containing "File", "Edit", "View", "Terminal", "Tabs", and "Help". The terminal content shows the execution of the "python" command, which outputs the Python version (3.3.1), the default interpreter path, the date and time (Apr 6 2013, 19:03:55), the GCC version (4.8.0), and the operating system (linux). It also displays a prompt for help information. The prompt is followed by three greater-than signs and a cursor.

```
Terminal - damien@garonne: ~
File Edit View Terminal Tabs Help
[damien@garonne ~]$ python
Python 3.3.1 (default, Apr  6 2013, 19:03:55)
[GCC 4.8.0] on linux
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> 
```

Premier "programme"



```
Terminal - damien@garonne: ~  
File Edit View Terminal Tabs Help  
[damien@garonne ~]$ python  
Python 3.3.1 (default, Apr 6 2013, 19:03:55)  
[GCC 4.8.0] on linux  
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.  
>>> 7+8  
15  
>>> 
```

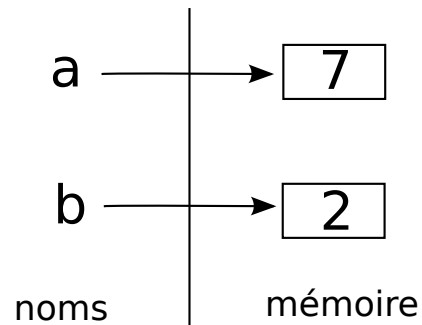
Commandes

Notion de variables:

```
a=7  
b=2  
a+8+b*b  
  
> 19
```

a est une **variable** (qui vaut 7)

b est une **variable** (qui vaut 2)



Commandes

Notion de variables:

```
a=4  
b=a+1  
b=b+2  
  
print(b)
```

> 7

Commandes

Affichage à l'écran:

```
print("le resultat de 2+2 vaut",2+2)
```

> le resultat de 2+2 vaut 4

L'aide

Pour obtenir de l'aide sur une fonction:

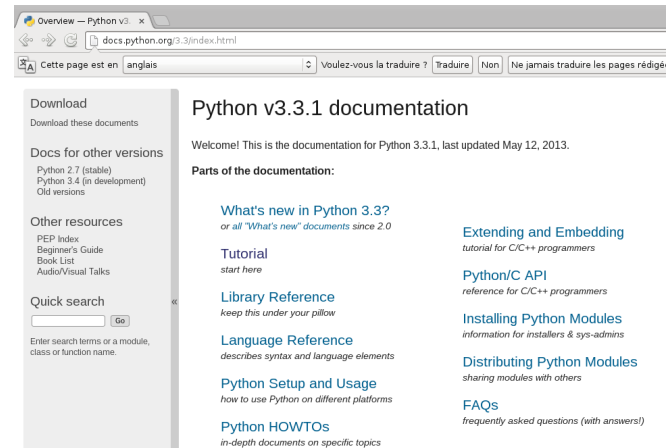
help(*nom_fonction*)

ex. help(pow)

Site web:

<http://docs.python.org/2/index.html>

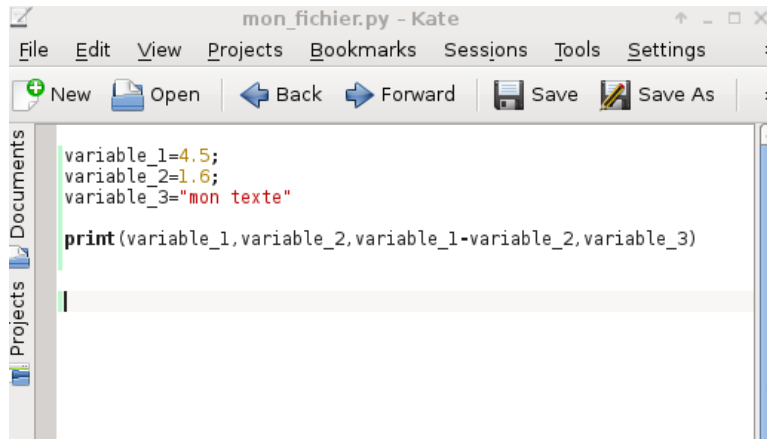
<http://docs.python.org/3/index.html>



Ecriture dans un fichier

Ecrire ligne à ligne est fastidieux ...

On écrit d'abord dans un fichier texte

A screenshot of a text editor window titled 'mon_fichier.py - Kate'. The window has a menu bar with 'File', 'Edit', 'View', 'Projects', 'Bookmarks', 'Sessions', 'Tools', and 'Settings'. Below the menu bar is a toolbar with icons for 'New', 'Open', 'Back', 'Forward', 'Save', and 'Save As'. The main text area contains the following Python code:

```
variable_1=4.5;
variable_2=1.6;
variable_3="mon texte"

print(variable_1,variable_2,variable_1-variable_2,variable_3)
```

(.py = fichier texte lisible par Python)

On lance Python sur le fichier

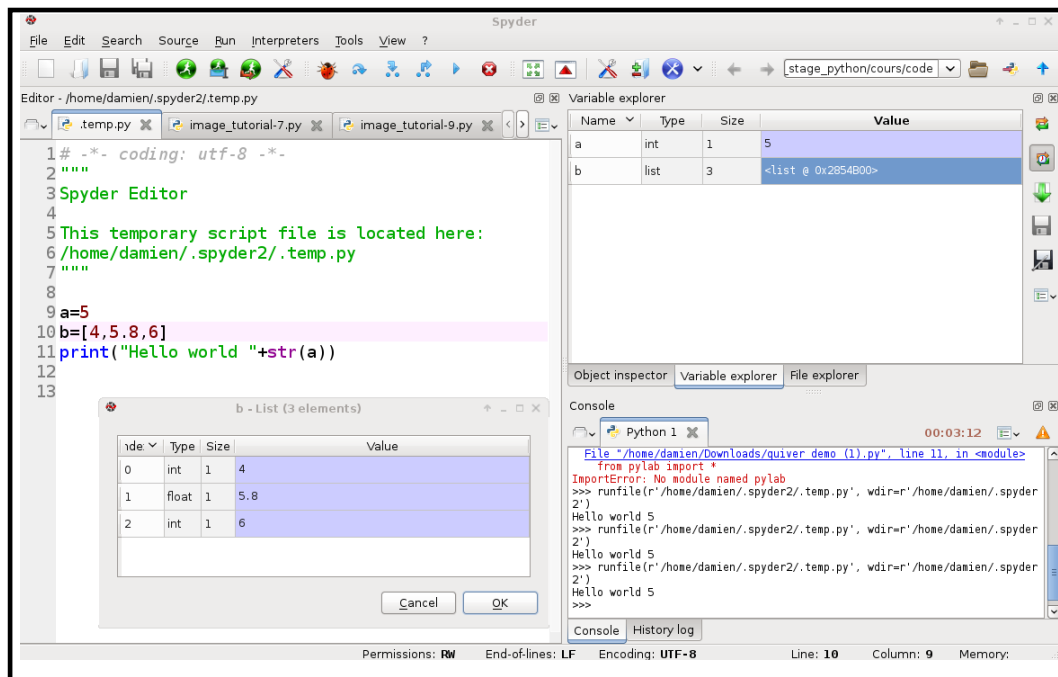
```
[damien@damien_pc ~/work/2012_2013_teaching
ython/cours/code]$ python mon_fichier.py
4.5 1.6 2.9 mon texte
```


Editeur Python

Editeur de texte (attention à l'indentation)

- Linux: Kate
- Window: par défaut, pyscripter

Editeur type Matlab: **Spyder**



Commandes

Types de variables:

`a=5` ← a est un nombre (entier)
`b=4.12` ← b est un nombre (à virgule)
`c="du texte"` ← c est un texte

`a+b` OK

~~`a+c`~~

unsupported operand type(s) for +: 'int' and 'str'

Commandes

Types de variables:

```
a=7
```

```
b=2
```

```
c=-b/a
```

```
print("la solution de l'equation ",a,"x + ",b,"=0 vaut",c)
```

Commandes

Variable nombre/texte:

```
mon_texte_1="4+7"
mon_texte_2="2+2"
valeur_1=4+7
valeur_2=2+2

mon_texte_3=mon_texte_1+mon_texte_2
valeur_3=valeur_1+valeur_2

print(mon_texte_3)
print(valeur_3)
```

ceci est du texte

ceci est un nombre

```
> 4+72+2
> 15
```

Commandes

Variable nombre/texte:

transforme un nombre en texte
(str=string)

```
variable_nombre=4+8  
variable_texte=str(variable_nombre)  
  
variable_texte=variable_texte+"78"  
  
print(variable_texte)
```



> 1278

Python: le langage

Création en 1990 (C ~ 1973)

Scripts, manipulation texte, pas de scientifique

Module Numpy en 2005

Developpement du calcul scientifique

Python 2.0 en 2000

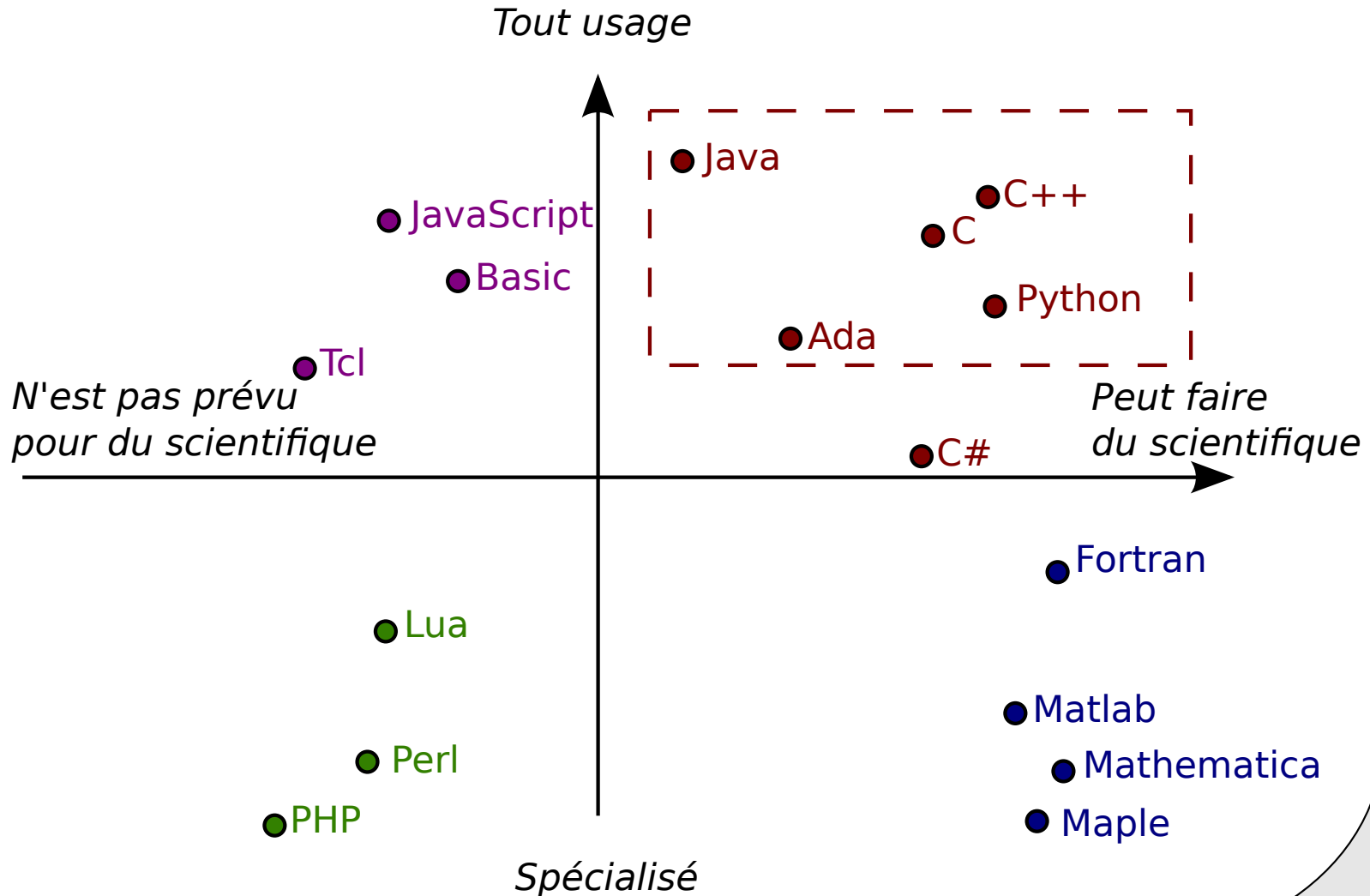
Python 3.0 en 2009



Python devient un acteur majeur du monde du calcul scientifique

- beaucoup de modules (scientifique, visualisation, etc)
- lisible
- simple à écrire
- langage haut niveau
- potentiellement optimisable

Python: positionnement



Python: positionnement

Simple, Lisible



● Python

● Java

● Ada

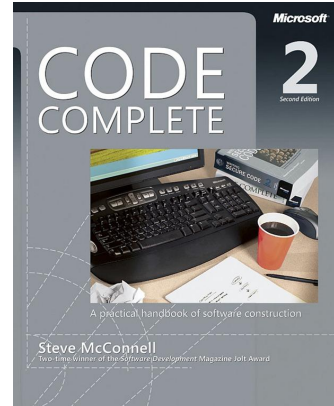
● C

● C++

Complexe

Python: Les + / -

+ Langage très lisible



Lisibilité d'un code = Le + Important

Un code est beaucoup plus lue qu'écrit

Le code est sa propre documentation

Erreur facilement détectable = gain de temps

+ Langage très lisible

Java

```
public class MonTest{  
    public static void main(string[] args){  
        for(int i=0; i<10000; i++)  
            System.out.println(i);  
    }  
}
```

Python

```
for x in range(10000):  
    print(x)
```

*Ce qui est simple
s'écrit simplement*

Python: Les + / -

- + Langage très lisible
- + Algorithme proche du langage (*apprentissage*)
- + Utilisé en industrie
 - script*
 - calcul*
- Pas d'apprentissage "hardware"/OS
- Délicat pour code très volumineux
 - typage dynamique*

Python VS

C

- + Aisance codage, clareté
- Pas de contrôle bas niveau (embarqué, OS)
- Lent

C++

- + Clareté
- Lent

Java

- + Simple, moins verbeux
- + Applicable science (opérateurs)
- Moins répandu

Matlab

- + Vraie informatique, structures données
- + Rapide
- Moins "sucre syntaxique"

Conditions: si, sinon

Condition *if*

"si"

```
a=5
```

```
b=5
```

```
if a*b > 22:                                (si a fois b est plus grand que 22)  
    print("j'affiche ce message")
```

```
a,b=8,9
```

```
c=0
```

```
if a+b-b*b<=3:  
    c=c+3*a
```

```
if c/10>c*c:  
    print("j'affiche ce message")
```

Condition *if*

"si"

```
a=5
```

```
b=5
```

: début d'un bloc de traitement

```
if a*b > 22:
```

```
    print("j'affiche ce message")
```

espace => bloc d'instructions

Condition *if*

"si"

```
x=12.2
```

```
if x>=0 and x<5:  
    print("intervalle [0,5[")
```

```
if x>2 or x<0:  
    print("intervalle ]-inf,0[ U ]2;+inf[")
```


Condition *if* / *else*

"si / sinon"

```
a=5
b=4

if a*b > 22:
    print("j'affiche ce message")
else:
    print("ceci est un autre message")
```

si $a \text{ fois } b$ est supérieur à 22
alors "j'affiche ce message"

sinon
j'affiche "ceci est un autre message"

Condition *if / else*

"si / sinon"

Cas particulier du test d'égalité

```
a=5
if a==6 :
    print("a vaut 6")
else
    print("a ne vaut pas 6")
```

symbole ==
test d'égalité

si *a est égale à 6*
alors affiche "a vaut 6"
sinon
affiche "a ne vaut pas 6"

Math	Code
$a := b$	<code>a=b</code> affectation
$a = b$	<code>a==b</code> test d'égalité (vaut <i>vrai</i> ou <i>faux</i>)

Condition *if / else*

"si / sinon"

Conditions if/elif/else

elif = else, if (/ sinon, si ...)

```
if x>=0 and x<2:  
    print("intervalle [0,2[")  
elif x<4:  
    print("intervalle ]-inf,0[ U [2,4[")  
elif x<=5:  
    print("intervalle [4,5]          ")  
else:  
    print("intervalle ]5,+inf[")
```

Condition *if* imbriqués

Quelle courbe dessine y si x varie ?

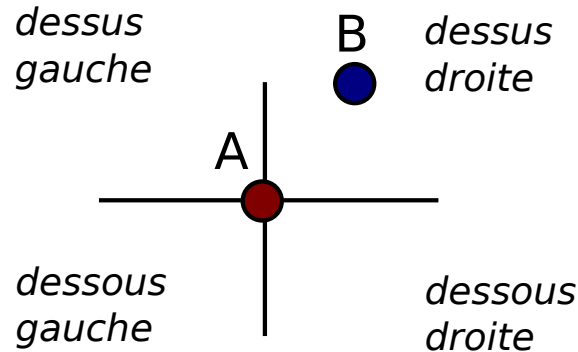
```
if x >= 0:
    if x < 1:
        y = x * x
    else:
        y = 2 * x - 1
else:
    if x > -1:
        y = -x * x
    else:
        y = 2 * x + 1
```

Condition *if* imbriqués

Application:

Soit 2 points $A=(x_1,y_1)$ et $B=(x_2,y_2)$

Indiquer si A est au dessus/dessous de B
gauche/droite



L'indentation

<pre>a,b=1,2 x,y=4,1 if a>5: x=x+2 y=y+3 print(y)</pre>	!=	<pre>a,b=1,2 x=4 if a>5: x=x+2 y=y+3 print(y)</pre>
--	-----------	--

L'indentation fait partie du code!!!

Débat
philosophique
... religieux

```
a,b=1,2
x=4
if a>5:
    x=x+2
    y=y+3
print(x)
```

Ne s'exécute pas!

IndentationError: unexpected indent

L'indentation

<pre>a,b=1,2 x,y=4,1 if a>5: x=x+2 y=y+3 print(y)</pre>	!=	<pre>a,b=1,2 x=4 if a>5: x=x+2 y=y+3 print(y)</pre>
--	----	--

+ Force à la lisibilité du code

Bon pour l'apprentissage

+/- Copié-coller difficile

Mais: copié-coller est à éviter

- Portabilité: compatibilité Tab, espaces, ...
(éditeur obligatoire)

Les listes d'éléments

Ensemble éléments: Listes

crochets [...] indiquent une liste

```
vecteur=[1,7,5,9,-4,3]
```

```
print(vecteur[0])
```

```
print(vecteur[1])
```

```
print(vecteur[2])
```

```
print(vecteur[0]+vecteur[4])
```

```
vecteur[2]=vecteur[4]*vecteur[5]
```

```
print(vecteur)
```

contenu:

1	7	5	9	-4	3
---	---	---	---	----	---

indices:

[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ensemble éléments: Listes

```
vecteur=[1,7,5,9,-4,3]
```

```
print(vecteur[6])
```

IndexError: list index out of range

contenu:	1	7	5	9	-4	3	??
indices:	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]

Ensemble éléments: Listes

Une liste peut contenir des mots

```
vecteur=[ "pomme", "poire", "banane", "peche"]  
  
vecteur[0]=vecteur[1]+" "+vecteur[2]  
print(vecteur)
```

"pomme"
[0]

"poire"
[1]

"banane"
[2]

"peche"
[3]

Ensemble éléments: Listes

Une liste peut contenir différents types

```
vecteur_mixte=[1.45,-7,"un torchon",1,"une serviette"]  
  
print(vecteur_mixte[0])  
print(vecteur_mixte[2])  
print(vecteur_mixte)
```

1.45	-7	"un torchon"	1	"une serviette"
[0]	[1]	[2]	[3]	[4]

Ensemble éléments: Listes

Ajouter des éléments dans une liste

```
vec=[4,5,6]  
print(vec)  
vec.append(7)  
vec.append(8)  
print(vec)
```

Ensemble éléments: Listes

Supprimer des éléments dans une liste

```
vec=[4, -1, 5, 7, 12]  
print(vec)  
del(vec[0])  
print(vec)  
del(vec[2])  
print(vec)
```

Ensemble éléments: Listes

Créer une "liste" particulière

```
a=range(4,9)
b=range(8,-2,-3)
print(a[0],a[1],a[2],a[3],a[4])
print(b[0],b[1],b[2],b[3])
```

a

4	5	6	7	8
---	---	---	---	---

b

8	5	2	-1
---	---	---	----

range(debut,fin,[*increment*])



stop 1 élément
avant fin

Ensemble éléments: Listes

Nombre d'éléments d'une liste

```
vec1=[1,4,8,9]  
vec2=["canard",7.45,"poireaux"]  
  
longueur_1=len(vec1)  
print(longueur_1)  
  
print(len(vec2))
```


Ensemble éléments: Listes

Indexation inverse

```
vec=[1, -4, 7, 2, 6, 8, 3]
```

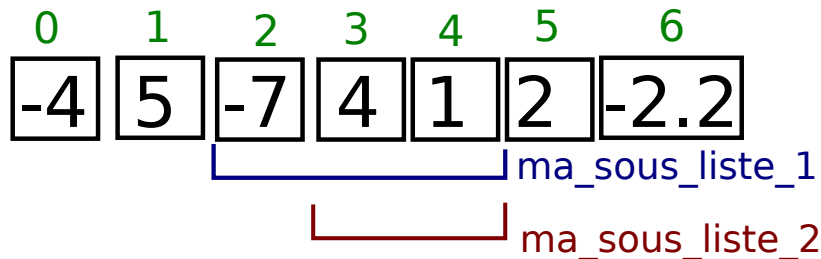
```
print(vec[-1])
```

```
print(vec[-2])
```

Sous partie d'une liste

```
ma_liste=[-4,5,-7,4,1,2,-2.2]
ma_sous_liste_1=ma_liste[2:5]
ma_sous_liste_2=ma_liste[3:-2]

print(ma_sous_liste_1)
print(ma_sous_liste_2)
```



Trier une liste

```
ma_liste=[4,1,-7,9,5,12,-3]
ma_liste_triee=sorted(ma_liste)

print(ma_liste_triee)
```

```
ma_liste=["velo","cheval","nenuphar","pilote"]
ma_liste_triee=sorted(ma_liste)

print(ma_liste_triee)
```

```
ma_liste=[4,"cheval",7.8]
sorted(ma_liste)
```

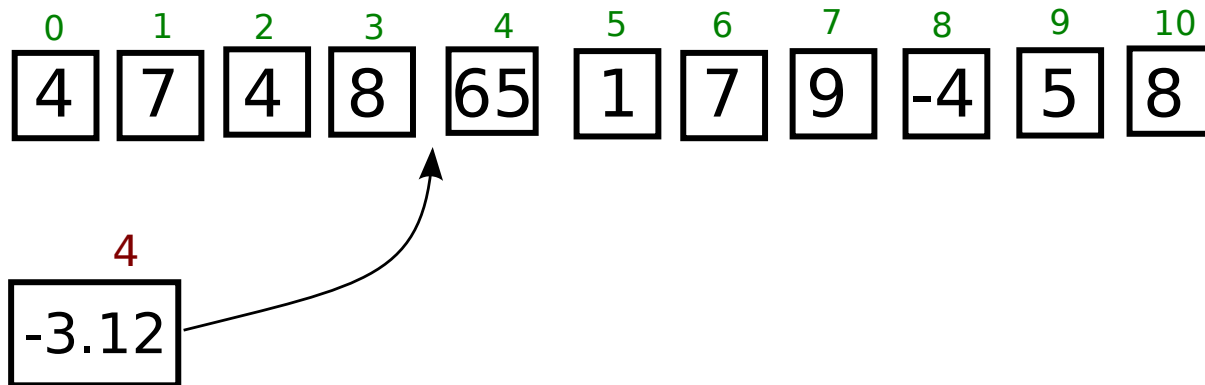
*unorderable types
str() < int()*

Compter nombre d'occurences

```
ma_liste=[7,8,4,-1,4,8,-2,-1,1]  
nombre_de_huit=ma_liste.count(8)  
  
print(nombre_de_huit)
```

Insérer un élément dans une liste

```
ma_liste=[4,7,4,8,65,1,7,9,-4,5,8]  
ma_liste.insert(4,-3.12)
```



Supprimer par valeur

```
ma_liste=[4,7,4,8,65,1,7,9,-4,5,8]  
ma_liste.remove(8)
```

Recherche valeur et supprime l'élément

Ne supprime qu'une valeur (la première trouvée)



Différent de: **del**(*ma_liste*[*k*])

supprime le kème élément (indice)

Liste de listes

```
triangle=[[0,0,0],[1,-0.1,1.1],[0,1,0.5]]  
  
print(triangle[0])  
print(triangle[1])  
print(triangle[2])  
print(triangle[1][2])
```

Application sur les listes

Soit `ma_liste=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]`

Supprimer le deuxième élément de la liste

Afficher le troisième élément de la nouvelle liste

Insérer un 2 en quatrième position de la nouvelle liste

Soustraire 3 à l'avant dernier élément

Afficher la nouvelle liste

Trier la nouvelle liste puis l'afficher

Application sur les listes

Soit `ma_liste=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]`

Supprimer le deuxième élément de la liste

Afficher le troisième élément de la nouvelle liste

Insérer un 2 en quatrième position de la nouvelle liste

Soustraire 3 à l'avant dernier élément

Afficher la nouvelle liste

Trier la nouvelle liste puis l'afficher

`[1, 2, 3, 4, 5, 5, 6, 7, 9]`

```
ma_liste=[1,2,3,4,5,6,7,8,9]
del(ma_liste[1])
print(ma_liste[2])
ma_liste.insert(3,2)
ma_liste[-2]-=3
print(ma_liste)
ma_liste=sorted(ma_liste)
print(ma_liste)
```

Ensemble éléments: Listes

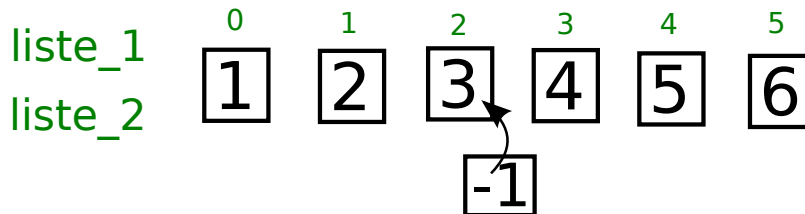
Exercice:

Combien y a t'il de nombres entre -525 et 640 (inclus)
en comptant de 5 en 5 ?

Egalité de liste

L'affectation de liste référence la même entité

```
liste_1=[1,2,3,4,5,6]  
liste_2=["a","b","c","d"]  
  
liste_2=liste_1  
  
print(liste_2)  
  
liste_2[3]=-1  
  
print(liste_2)  
print(liste_1)
```



Copie de liste

Si l'on souhaite dupliquer une liste, on appelle explicitement `list(nom_liste)`

```
liste_1=[1,2,3,4,5,6]
liste_2=["a","b","c","d"]

liste_2=list(liste_1)

print(liste_2)

liste_2[3]=-1

print(liste_2)
print(liste_1)
```

création
d'une copie de la liste

	0	1	2	3	4	5
liste_1	1	2	3	4	5	6
	0	1	2	3	4	5
liste_2	1	2	3	-1	5	6

Copie de liste

```
liste_1=[1,4,7,8,5,1,4,7]
```

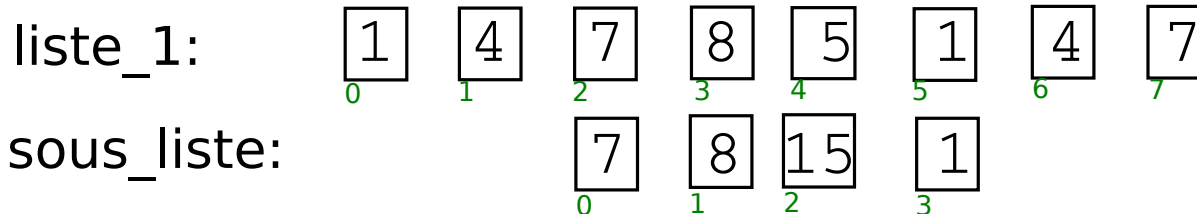
```
sous_liste=liste_1[2:6]
```

```
sous_liste[2]=15
```

```
print(sous_liste)
```

```
print(liste_1)
```

Copie "automatique"
par sous liste



Itération sur les listes

le mot clé "*for*"

Créer des listes

$$L = \{f(k) | k \in \llbracket 0, N \rrbracket\}$$

Exemple pour $f(k) = (k - 2)^2$

En *français*:

$L = (k-2)^2$ **pour** k variant **dans** $[0, N[$

En *code*

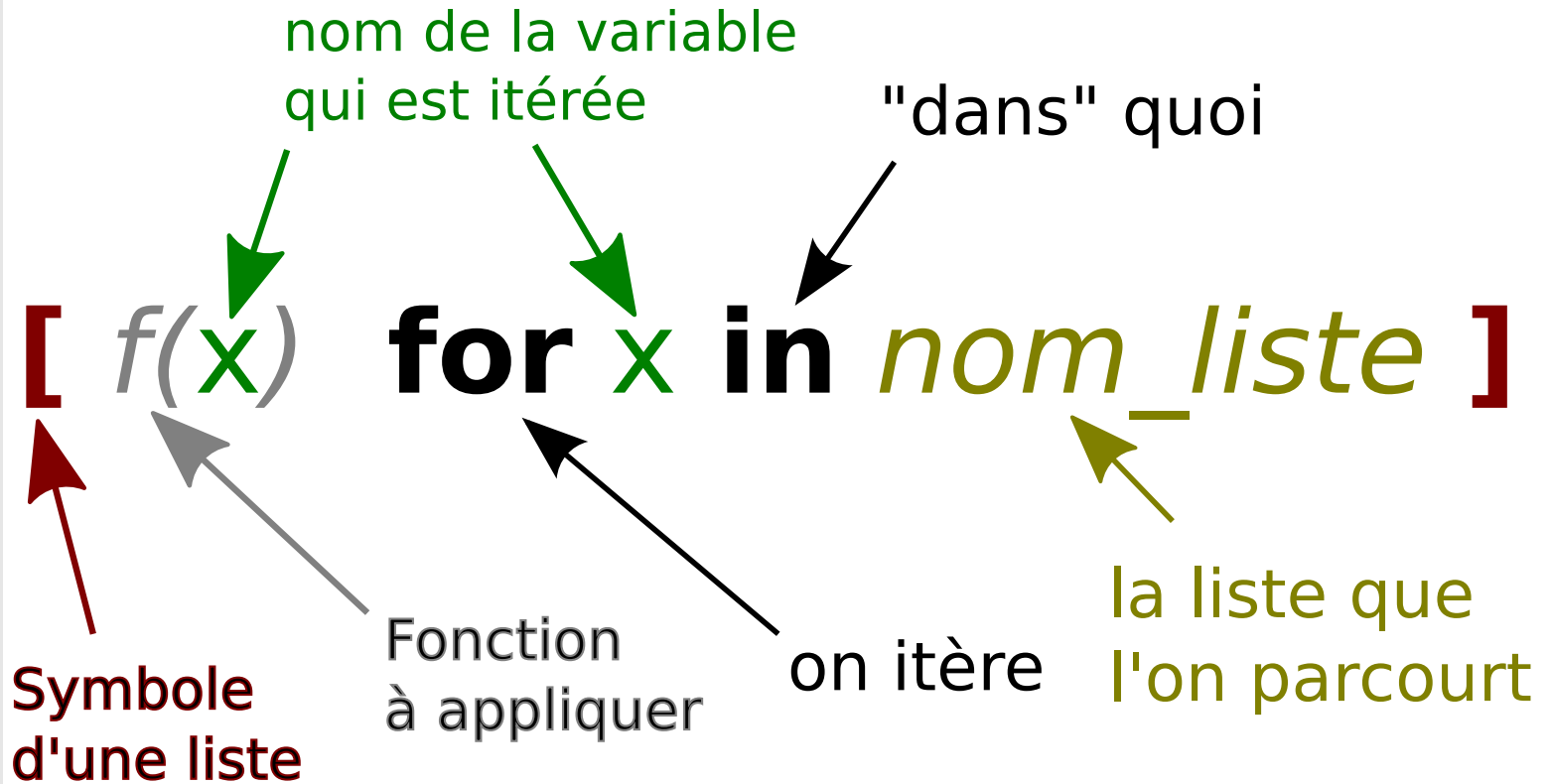
```
L=[(k-2)**2 for k in range(0,N)]
```

(** :puissance)

N=4

```
L=[(k-2)**2 for k in range(0,N)]  
print(L)
```

La boucle "pour"



Application

Calculus:

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \rrbracket\}$$

$$a_k = k\sqrt{|k-1|}/4$$

$(|x| : \text{abs}(x))$

Application

Calculer:

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \rrbracket\}$$

$$a_k = k \sqrt{|k - 1|} / 4$$

$(|x| : \text{abs}(x))$

```
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]
```

Application

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \rrbracket\}$$

$$a_k = k\sqrt{|k-1|}/4$$

```
import matplotlib.pyplot as plt  
  
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]  
  
plt.plot(L)  
plt.show()
```



affichage (plot=dessine, show=montre à l'écran)

Application

$$L = \{a_k \mid k \in \llbracket -N, N \rrbracket\}$$

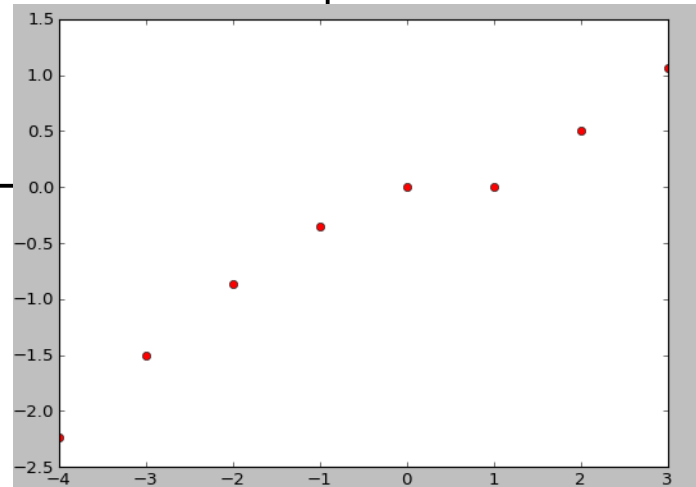
$$a_k = k\sqrt{|k-1|}/4$$

Avec les bonnes abscisses + echantillons

```
import matplotlib.pyplot as plt  
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]  
abscisses=range(-N,N)  
plt.plot(abscisses,L,"ro")  
plt.show()
```

en rouge

dessiner des ●



Les fonctions

Les fonctions

Remarque:

$$L = \{f(k) \mid k \in \llbracket k_0, k_N \rrbracket\}$$

$$f(k) = \dots$$

```
L=[(k*abs(k-1)**0.5)/4 for k in range(-N,N)]
```

compliqué ... peu lisible!

On souhaiterait écrire:

```
L=[f(k) for k in range(k0,kn)]
```

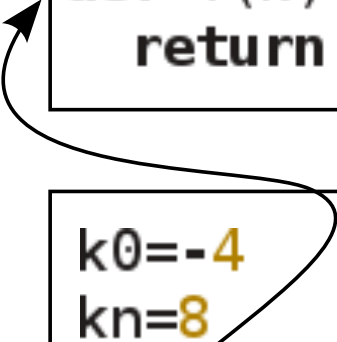
avec $f(k) = \dots$

Les fonctions

$$L = \{f(k) \mid k \in \llbracket k_0, k_N \llbracket\}$$

$$f(k) = k\sqrt{|k-1|}/4$$

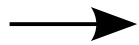
```
def f(k):  
    return k*abs(k-1)**0.5/4
```



```
k0=-4  
kn=8  
L=[f(k) for k in range(k0, kn)]
```

Les fonctions

def nom_fonction(argument):



Faire quelque chose ...

return valeur

```
def f(k):  
    return k*abs(k-1)**0.5/4  
  
k0=-4  
kn=8  
L=[f(k) for k in range(k0,kn)]
```


Les fonctions

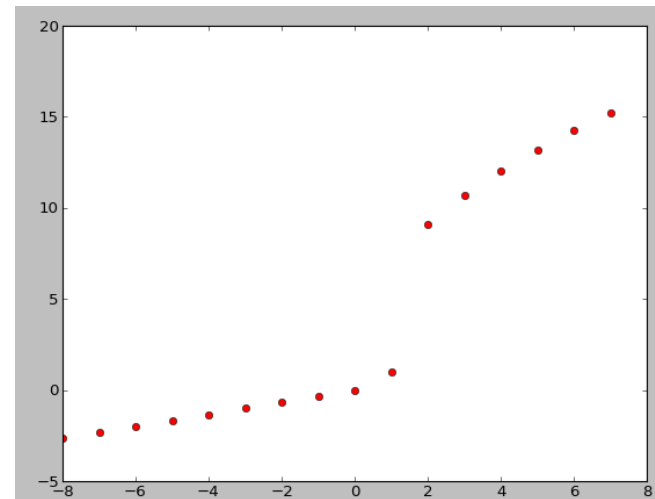
Les fonctions peuvent être *compliquées*

$$f(k) = 5\sqrt{k} + 2 \quad k \geq 2$$

$$f(k) = k^2 \quad k \in]-1, 2[$$

$$f(k) = k/3 \quad k \leq -1$$

```
def f(k):  
    if k >= 2 :  
        return 5*k**0.5+2  
    if k <= -1 :  
        return k/3  
    if -1 < k < 2 : #(optionnel)  
        return k**2  
  
L=[f(k) for k in range(-8,8)]  
plt.plot(range(-8,8),L, "ro")  
plt.show()
```



Les fonctions : retour d'arguments

```
def f(x):  
    return [x[0]**2,x[1]**2,"chien"]
```

```
a = f([1,4])  
print(a)
```

retour "liste"

```
x0,x1,s = f([1,4])  
print(x0,x1,s)
```

*récupère chaque argument
(unpack)*

```
b,c = f([1,4])  
print(b," ",c)
```

→ **Erreur**
ValueError: too many values to unpack

Multi fichiers



ma_lib.py

```
import math

def norm(x):
    return math.sqrt(x[0]**2+x[1]**2)

def norm3(x):
    return (x[0]**3+x[1]**3)**(1/3.0)
```



```
import ma_lib
```

```
x=[1,8]
n2=ma_lib.norm(x)
n3=ma_lib.norm3(x)

print(n2,n3)
```

namespace automatique
(pas de collisions de noms)

Multi fichiers



ma_lib.py

```
import math

def norm(x):
    return math.sqrt(x[0]**2+x[1]**2)

def norm3(x):
    return (x[0]**3+x[1]**3)**(1/3.0)
```



```
from ma_lib import norm3

x=[1,8]
#n2=norm(x) non accessible
n3=norm3(x) plus de namespace

print(n3)
```

Multi fichiers



ma_lib.py

```
import math

def norm(x):
    return math.sqrt(x[0]**2+x[1]**2)

def norm3(x):
    return (x[0]**3+x[1]**3)**(1/3.0)
```



```
from ma_lib import *

x=[1,8]
n2=norm(x)
n3=norm3(x)

print(n3)
```

*Tout est
accessible*



A éviter

Les fonctions

Les fonctions peuvent prendre des paramètres

$$f(k) = ak^2 + b$$

```
def f(k,a,b):  
    return a*k**2+b
```

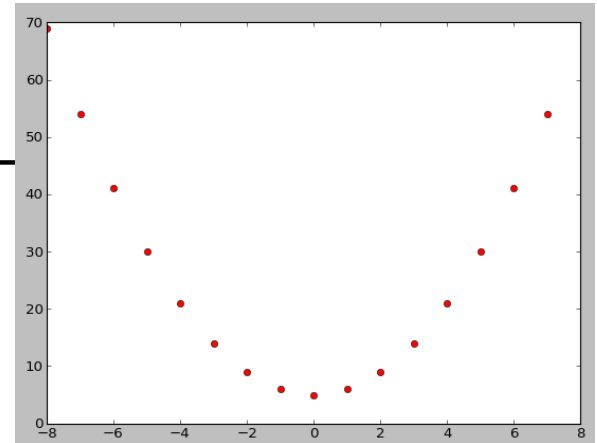
```
a=1
```

```
b=5
```

```
L=[f(k,a,b) for k in range(-8,8)]
```

```
plt.plot(range(-8,8),L,"ro")
```

```
plt.show()
```



Les fonctions

Les fonctions peuvent être vectorielles

 $\mathbb{R}^3$ $\mathbb{R}^2$

$$f : (x, y, z) \mapsto (x^2 + y, xy)$$

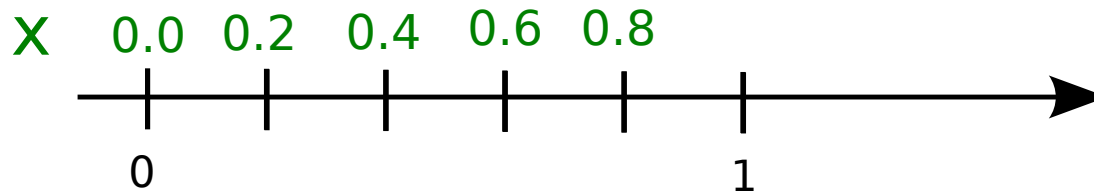
```
def f(x, y, z):  
    return [x**2+y, x*y]
```

```
v=f(1.5, 2.2, -1.1)  
print(v)
```

Manipulation de fonctions réelles

Echantillonner dans $\mathbb{R}$

Calculer et stocker N valeurs
également réparties sur $[0,1[$



```
N=10  
x=[k/N for k in range(0,N)]  
print(x)
```

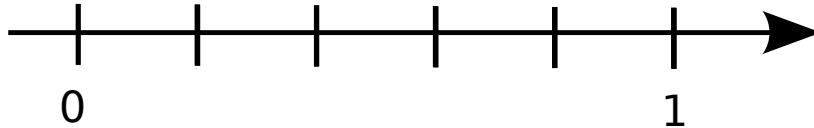
Echantillonner dans $\mathbb{R}$

Calculer et stocker les N échantillons de $f(x)$

$$f(x) = x(x^2 - 1)$$

$$x \in [0, 1[$$

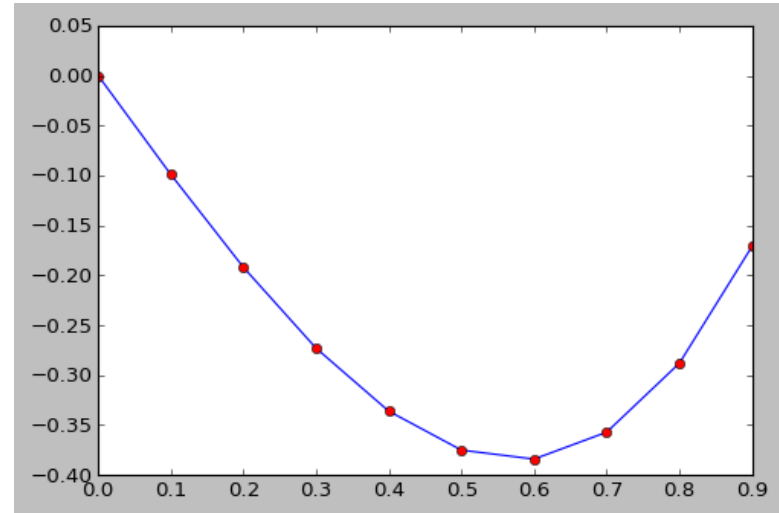
$y[0]$ $y[1]$ $y[2]$ $y[3]$ $y[4]$
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8



```
def f(x):  
    return x*(x**2-1)
```

```
N=10  
x=[k/N for k in range(0,N)]  
  
y=[f(x_k) for x_k in x]
```

```
plt.plot(x,y)  
plt.plot(x,y,"ro")  
plt.show()
```



Echantillonner dans $\mathbb{R}$

Calculer N échantillons de f pour $x \in [a, b[$

$$f(x) = \cos(2x)$$

$$[a, b[= [-2.3, 4.1[$$

```
from math import cos

def f(x):
    return cos(2*x)

N=30

#vecteur sur [0,1[
u=[k/N for k in range(0,N)]

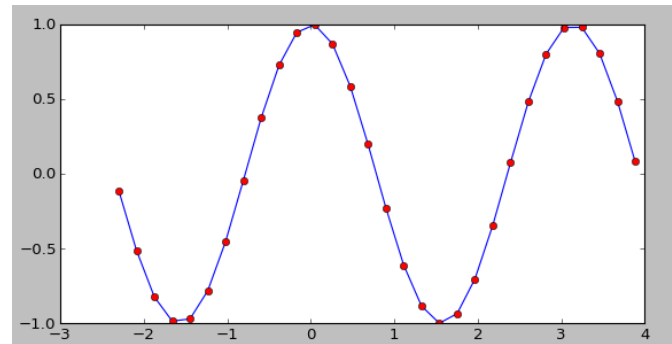
#vecteur sur [a,b[
a,b=-2.3,4.1
x=[u_k*(b-a)+a for u_k in u]

#f(x) pour x sur [a,b[
f=[f(x_k) for x_k in x]

plt.plot(x,f)
plt.plot(x,f,"ro")
plt.show()
```

$$\left[0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, \frac{N-1}{N}\right]$$

$$(b-a) \left[0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, \frac{N-1}{N}\right] + a$$



Application

La diode possède une caractéristique s'exprimant sous cette forme

$$I = I_0 \left(\exp \left(\frac{V}{V_T} \right) - 1 \right)$$
$$V_T = \frac{kT}{q}$$

$$I_0 = 100 \text{ nA}$$
$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

Tracer la caractéristique pour $T=25^\circ$ et $T=65^\circ$
(298K) (338K)

$$V \in [-0.1, 0.4] \text{ V}$$

Rem: Pour exponentielle

```
from math import exp  
  
exp(x)
```

Application

$$I = I_0 \left(\exp \left(\frac{V}{V_T} \right) - 1 \right) \quad V_T = \frac{k T}{q}$$

$$I_0 = 100 \text{ nA}$$

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$V \in [-0.1, 0.4] \text{ V}$$

$$(298\text{K})$$

$$(338\text{K})$$

```
def f(V,T):
```

```
    #constantes
```

```
    k=1.38e-23
```

```
    q=1.6e-19
```

```
    I0=100e-9
```

```
    # "thermal voltage"
```

```
    Vt=k*T/q
```

```
    # courant
```

```
    I=I0*(exp(V/Vt)-1)
```

```
    return I
```

```
N=100
```

```
Vmin=-0.1
```

```
Vmax=0.4
```

vecteur sur [0,1[

```
u=[k/N for k in range(0,N)]
```

vecteur sur [V_{min}, V_{max}[

```
V=[(Vmax-Vmin)*u_k+Vmin for u_k in u]
```

```
# courant a 25 degrees
```

```
I_1=[f(v_k,298) for v_k in V]
```

```
# courant a 65 degrees
```

```
I_2=[f(v_k,338) for v_k in V]
```

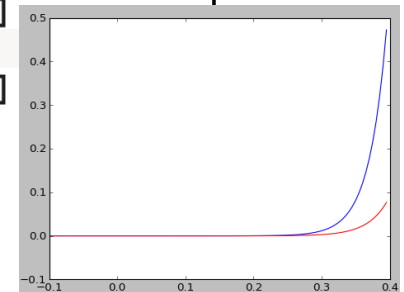
```
plt.plot(V,I_1,"b")
```

```
plt.plot(V,I_2,"r")
```

```
plt.show()
```

```
print(I)
```

```
print(V)
```



Fonctions disponibles

Somme des éléments

$$S = \sum_k x_k$$

```
vec=[1,7,8,4,5]  
S=sum(vec)
```

Application:

$$n = \left(\sum_k x_k^2 \right)^{1/2}$$

```
vec=[1,7,8,4,5]  
n=sum([x_k**2 for x_k in vec])**0.5
```

Min/Max des éléments

```
vec=[1,7,8,4,-2,5]  
a=max(vec)  
b=min(vec)  
print(a)  
print(b)
```


Il existe un élément ...

Soit $(a_k)_{k \in [0, N[}$

Question: $\exists k \in [0, N[, a_k = 4$

En français:

Il existe au moins un élément tel que a_k égale 4
pour k variant entre $[0, N[$

En code:

```
any(x==4 for x in vec)
```

True

(type booléen)

False

Il existe un élément ...

Exemple:

```
vec=[1,7,8,4,-2,5]  
est_ce_vrai = any(x==4 for x in vec)  
  
print(est_ce_vrai)
```

```
vec=[1,7,8,4,-2,5]  
est_ce_vrai = any(x>9 for x in vec)  
  
print(est_ce_vrai)
```

Tous les éléments ...

Soit $(a_k)_{k \in [0, N[}$

Question: $\forall k \in [0, N[, a_k < 12$

En français:

Tous les a_k sont inférieurs à 12
pour k variant entre $[0, N[$

En code:

```
all(x < 12 for x in vec)
```

True

(type booléen)

False

Application

```
v1=[1,0,0]
v2=[0,1,0]
v3=[1/(3**0.5),1/(3**0.5),1/(3**0.5)]
v4=[1/(2**0.5),0/(2**0.5),1/(2**0.5)]

ensemble_vecteurs=[v1,v2,v3,v4]
```

Vérifiez que les vecteurs sont tous unitaires

$$\forall k \in [0, N[, \quad | \|v_k\| - 1 | < \epsilon$$

(On évitera la notation $v_k = a$ pour des nombres à virgule)

Application

```
v1=[1,0,0]
v2=[0,1,0]
v3=[1/(3**0.5),1/(3**0.5),1/(3**0.5)]
v4=[1/(2**0.5),0/(2**0.5),1/(2**0.5)]

ensemble_vecteurs=[v1,v2,v3,v4]
```

```
def norme(v):
    return sum(x_k**2 for x_k in v)**0.5

epsilon=1e-6
verification=all(abs(norme(v)-1)<epsilon for v in ensemble_vecteurs)

print(verification)
```

Cas d'application

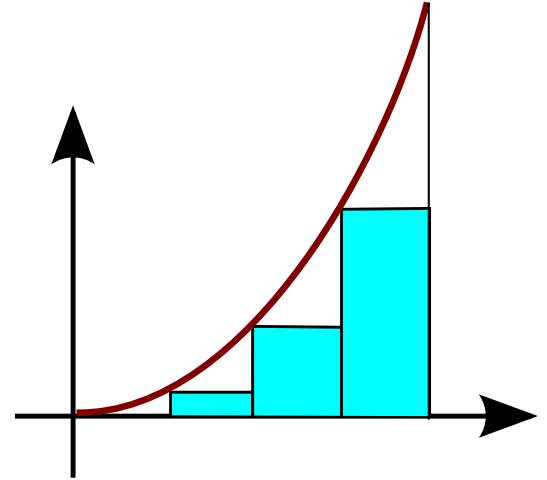
Calcul intégral

Calcul intégral

Soit $f(x) = ax^2 + bx + c$

$$\int_0^1 f(x) \, dx \simeq \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{1}{N}$$

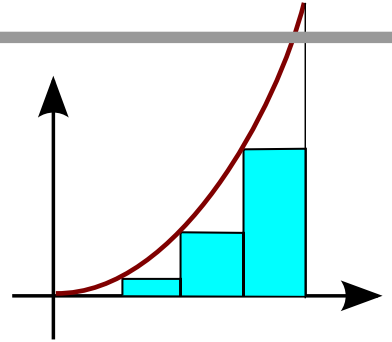


Calculer cette intégrale pour $a=3$, $b=2$, $c=1$ (prendre $N=100$)

Calcul intégral

$$\int_0^1 f(x) \, dx \simeq \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) \Delta x \quad \Delta x = \frac{1}{N}$$

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$



```
a=3
```

```
b=2
```

```
c=1
```

```
def f(x):
```

```
    return a*x**2+b*x+c
```

```
N=100
```

```
dx=1/N
```

```
I=dx*sum([f(k*dx) for k in range(0,N)])
```

```
print(I)
```


Calcul intégral

Quelle est l'erreur E par rapport à la vraie valeur?

Tracer le log de l'erreur en fonction de N

Calcul intégral

Quelle est l'erreur E par rapport à la vraie valeur?

Tracer le log de l'erreur en fonction de N

```
a=3
b=2
c=1

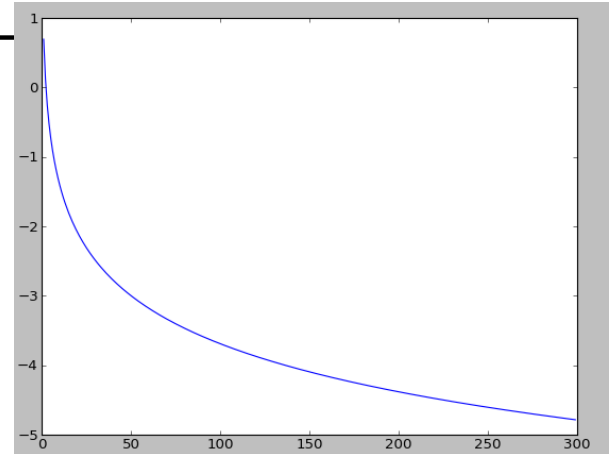
def f(x):
    return a*x**2+b*x+c

def vraie_integrale():
    return a/3+b/2+c

def integrale_numerique(N):
    dx=1/N
    return dx*sum([f(k*dx) for k in range(0,N)])

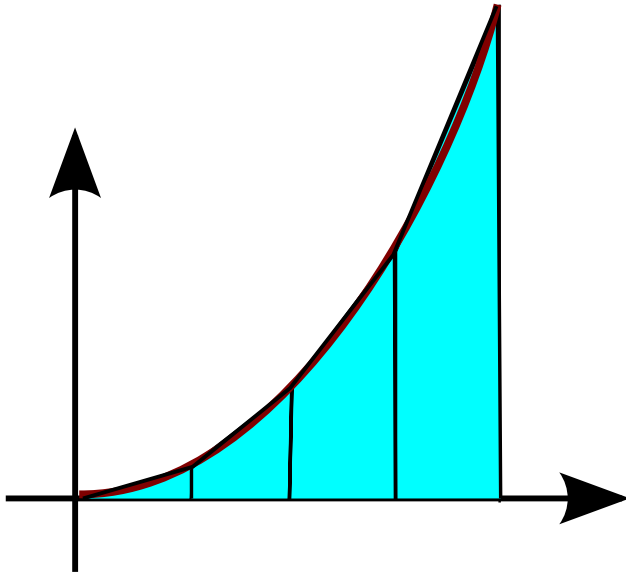
N_variable=range(1,300)
E=[log(abs(integrale_numerique(N)-vraie_integrale())) for N in N_variable]

plt.plot(N_variable,E)
plt.show()
```



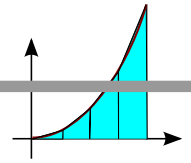
Calcul intégral

$$I = \int_0^1 f(x) \, dx \simeq \frac{\Delta x}{2} \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) + f((k+1)\Delta x)$$



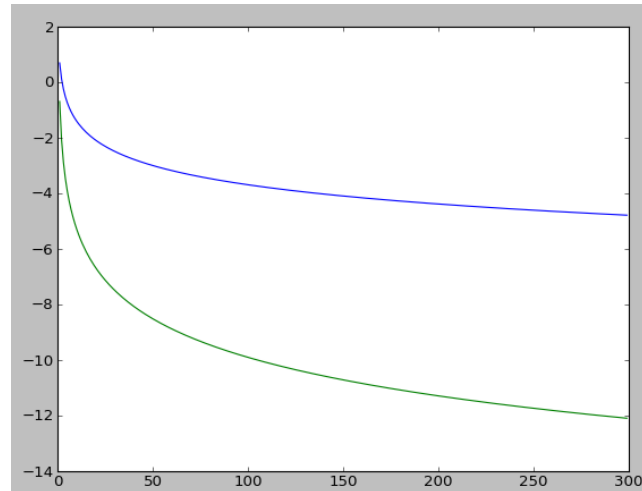
Meilleure approximation

Calcul intégral

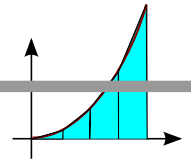


$$I = \int_0^1 f(x) \, dx \simeq \frac{\Delta x}{2} \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) + f((k+1)\Delta x)$$

```
def integrale_numerique_trapeze(N):  
    dx=1/N  
    return dx/2*sum([f(k*dx)+f((k+1)*dx) for k in range(0,N)])
```



Calcul intégral



$$I = \int_0^1 f(x) \, dx \simeq \frac{\Delta x}{2} \sum_{k=0}^{k < N} f(k\Delta x) + f((k+1)\Delta x)$$

Rem, pour faire moins de calculs:

$$I = \frac{\Delta x}{2} \left(f(0) + f(1) + 2 \sum_{k=1}^{k < N} f(k\Delta x) \right)$$

```
def integrale_numerique_trapeze_2(N):  
    dx=1/N  
    return dx/2*(f(0)+f(1)+2*sum([f(k*dx) for k in range(1,N)]))
```

Calcul intégral

Evaluer la longueur de la courbe de f sur $[0,1]$

$$L = \int_0^1 (f'(x)^2 + 1)^{1/2} dx$$

Boucle for "avancée"

Boucle sur des mots

```
ensemble=["pommes","poires","champignons","poivrons"]  
[print("j'aime manger des "+aliment) for aliment in ensemble]
```

j'aime manger des pommes
j'aime manger des poires
j'aime manger des champignons
j'aime manger des poivrons

Boucle sur plusieurs vecteurs

```
ensemble_matiere=["math","physique","chimie","informatique"]  
ensemble_notes=[12.1,8.4,12.3,7.8]  
  
[print(matiere,":",note) for matiere , note  
in zip(ensemble_matiere,ensemble_notes)]
```

→ met les éléments ensemble

math : 12.1
physique : 8.4
chimie : 12.3
informatique : 7.8

Boucle "classique"

Remarque: Parfois/souvent f est

- complexe
- ne retourne rien / modifie x (la liste)
- n'est écrite qu'une seule fois

[$f(x)$ **for** x **in** *nom_liste* **]**

for x **in** *nom_liste*:



$f(x)$

Boucle "classique"

Exemple

```
for x in range(0,8):  
    print(x)
```

```
for x in range(-3,4):  
    if(x%2 == 0):  
        print(x, "est pair")  
    else:  
        print(x, "est impair")
```

$a\%b$
reste de la division
euclidienne

Boucle "classique"

Soit:

```
ensemble_matières=["math","physique","chimie","informatique"]  
ensemble_notes=[9.1,8.4,16.3,7.8]
```

Afficher "attention + nom_matière" si note<10

Afficher "ATTENTION + nom_matière" si note<8

Afficher "TB + nom_matière" si note>15

Boucle "classique"

Soit:

```
ensemble_matiere=["math","physique","chimie","informatique"]  
ensemble_notes=[9.1,8.4,16.3,7.8]
```

Afficher "attention + nom_matiere" si note<10

Afficher "ATTENTION + nom_matiere" si note<8

Afficher "TB + nom_matiere" si note>15

```
for matiere,note in zip(ensemble_matiere,ensemble_notes):  
    if(note<8):  
        print("ATTENTION",matiere,"!!!")  
    elif(note<10):  
        print("attention",matiere)  
    elif(note>15):  
        print("TB",matiere)
```

Boucle "classique"

Modification d'éléments:

Ajouter 2 à toutes les notes si elles sont inférieures à 8

```
notes=[9.1,8.4,16.3,7.8]
for k in range(len(notes)):
    if(notes[k]<8):
        notes[k]=notes[k]+2
```

Récupérer valeur et indice

```
ma_liste=[9.1,8.4,16.3,7.8]  
for indice,valeur in enumerate(ma_liste):  
    print(indice,valeur)
```

0	9.1
1	8.4
2	16.3
3	7.8

Similaire à :

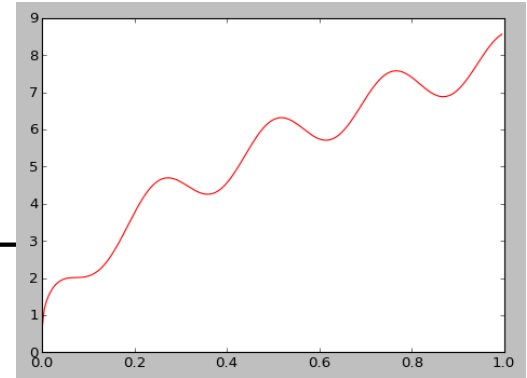
```
for indice in range(len(ma_liste)):  
    valeur=ma_liste[indice]  
  
    print(indice,valeur)
```

Récupérer valeur et indice

Application: Rendre une suite croissante

Soit la suite $(a_k)_{k \in \llbracket 0, N \rrbracket}$

Si $a_{k+1} < a_k$, alors $a_{k+1} := a_k$



$$\forall k \in \llbracket 0, N \rrbracket, a_k := f(k/N)$$

$$\forall x \in [0, 1], f(x) := 8\sqrt{x} + 0.6 \cos(25x)$$

Récupérer valeur et indice

Application: Rendre une suite croissante

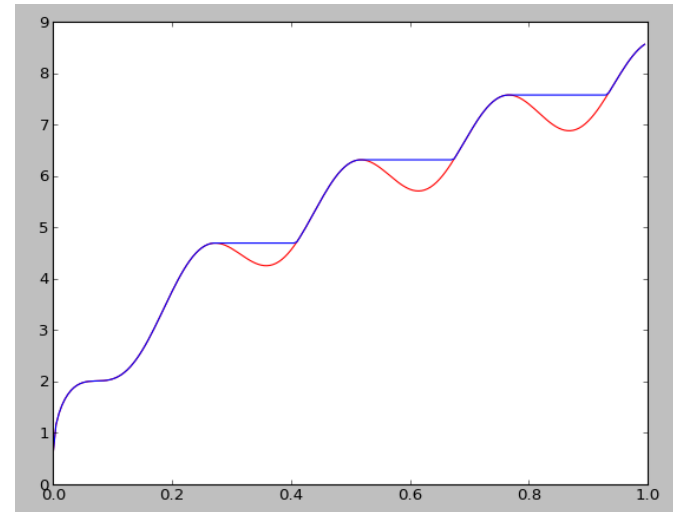
Soit la suite $(a_k)_{k \in \llbracket 0, N \rrbracket}$

Si $a_{k+1} < a_k$, alors $a_{k+1} := a_k$

$\forall k \in \llbracket 0, N \rrbracket, a_k := f(k/N)$

$\forall x \in [0, 1], f(x) := 8\sqrt{x} + 0.6 \cos(25x)$

```
for k, a_k in enumerate(a):  
    if k+1 < N and a[k+1] < a[k]:  
        a[k+1] = a[k]
```



Application

Soit:

```
matieres=["math","physique","chimie","informatique"]  
notes=[9.1,8.4,11.3,6.8]
```

Soit m la moyenne des notes

Ajouter 2 points à chaque note si m est inférieur à 10

Ajouter seulement 1 point pour les maths

Si m inférieur à 8, rajouter 3 points à la chimie

Application

Soit:

```
matieres=["math","physique","chimie","informatique"]  
notes=[9.1,8.4,11.3,6.8]
```

Soit m la moyenne des notes

Ajouter 2 points à chaque note si m est inférieur à 10

Ajouter seulement 1 point pour les maths

Si m inférieur à 8, rajouter 3 points à la chimie

```
matieres=["math","physique","chimie","informatique"]  
notes=[9.1,8.4,11.3,6.8]  
  
moyenne=sum(notes)/len(notes)  
  
if(moyenne<10):  
    for k in range(len(notes)):  
        if matiere[k]=="math":  
            notes[k] = notes[k]+1  
        elif matiere=="chimie" and moyenne<8:  
            notes[k] = notes[k]+3  
        else:  
            notes[k] = notes[k]+2  
  
[print(matiere,":",note) for matiere , note  
 in zip(matieres,notes)]
```

Application

Soit $f(x) = E(x) \% 2$ E : partie entière ($\text{int}(x)$)
 x appartenant à $[0, 10]$

Calculer $N=200$ échantillons (y_k) de f sur $[0, 10[$

Calculer z_k , tel que $z_k = 1/3 (y_{k+1} + y_k + y_{k-1})$
pour k dans $[1, N-1[$, sinon $z_k = y_k$ pour $k=0$ et $k=N$

Itérer le processus sur z ... 15 fois

$$g(x) = \int_{y=x-\epsilon}^{y=x+\epsilon} f(y) dy$$

Application

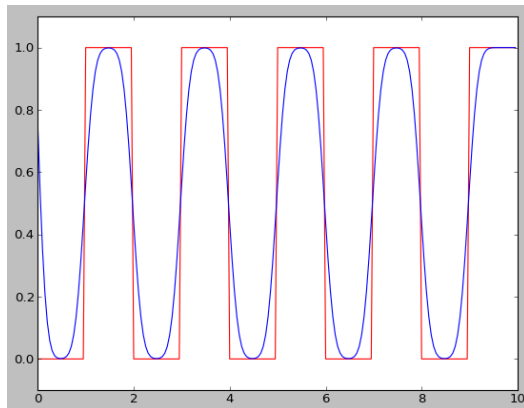
Soit $f(x) = E(x) \% 2$ E : partie entière ($\text{int}(x)$)
 x appartenant à $[0, 10]$

Calculer $N=200$ échantillons (y_k) de f sur $[0, 10[$

Calculer z_k , tel que $z_k = 1/3 (y_{k+1} + y_k + y_{k-1})$
pour k dans $[1, N-1[$, sinon $z_k = y_k$ pour $k=0$ et $k=N$

Itérer le processus sur z ... 15 fois

$$g(x) = \int_{y=x-\epsilon}^{y=x+\epsilon} f(y) dy$$

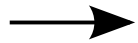


```
def f(x):  
    return int(x)%2  
  
def g(y):  
  
    y2=list(y);  
  
    for k,y_k in enumerate(y[1:-1]):  
        y2[k]=1/3*(y[k-1]+y[k]+y[k+1])  
  
    return y2  
  
N=200;  
x=[10*k/N for k in range(N)]  
y=[f(x_k) for x_k in x]  
  
plt.plot(x,y,"r")  
  
for k in range(15):  
    y=g(y)  
  
plt.plot(x,y)  
plt.axis([0,10,-0.1,1.1])  
plt.show()
```

Boucle while / "tant que"

Boucle while / "tant que"

while *condition_vraie* :



Faire quelque chose

```
a=5  
while a>2:  
    a=0.65*(a+1)  
    print(a)
```

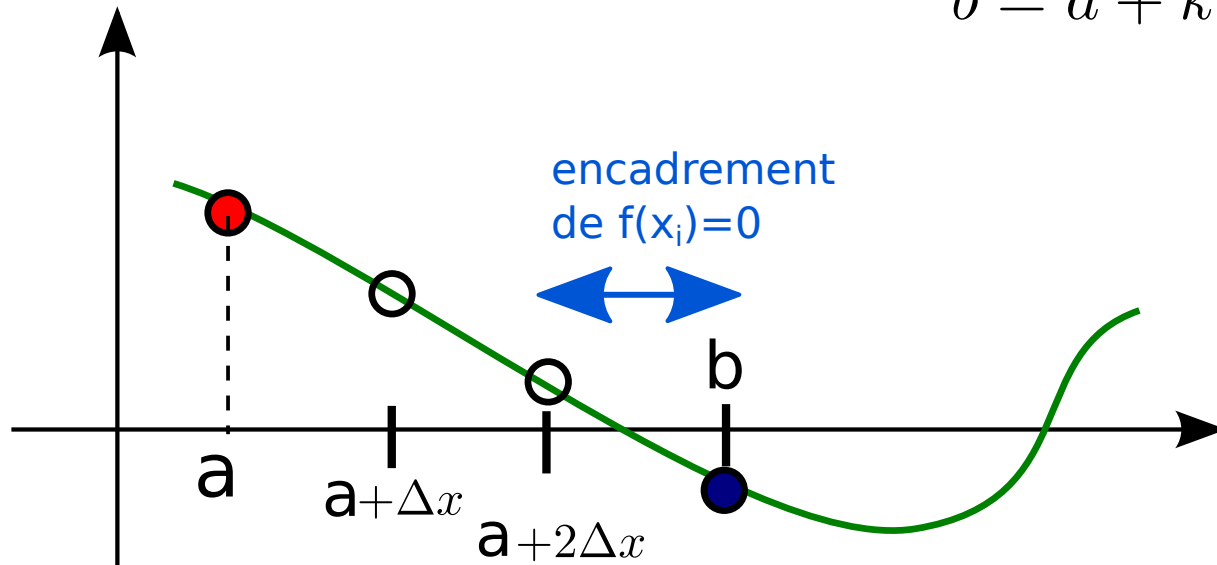
On ne connaît pas forcément
le nombre d'itérations

Application: encadrement

Soit f une fonction continue de $\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$

Soit a , $f(a) > 0$ Trouver b , $f(b) < 0$

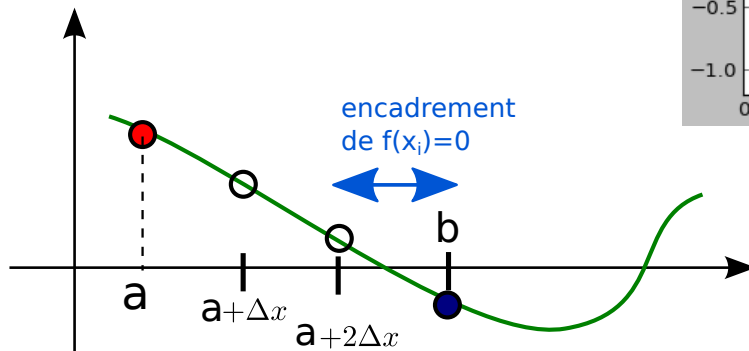
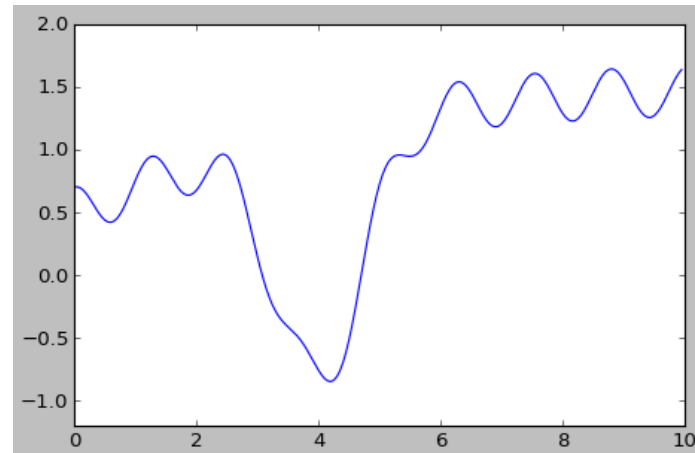
$$b = a + k\Delta x$$



Application: encadrement

$$f(x) = \frac{1}{2} + \tanh\left(\frac{x}{5}\right) - 2e^{-(x-4)^2} + 0.2\cos(5x)$$

$$a = 0 \quad \Delta x = 0.1$$



Application: encadrement

$$f(x) = \frac{1}{2} + \tanh\left(\frac{x}{5}\right) - 2e^{-(x-4)^2} + 0.2 \cos(5x)$$

$$a = 0 \quad \Delta x = 0.1$$

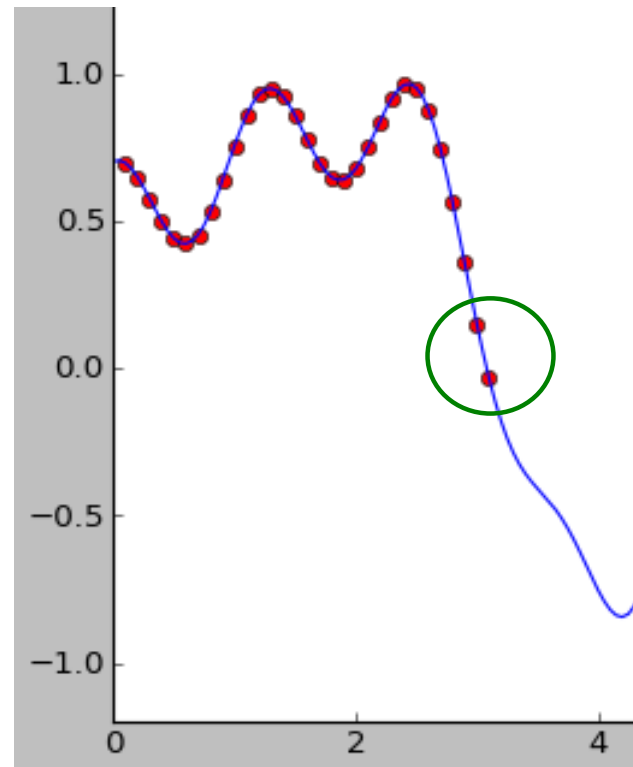
`dx=0.1`

`a=0`

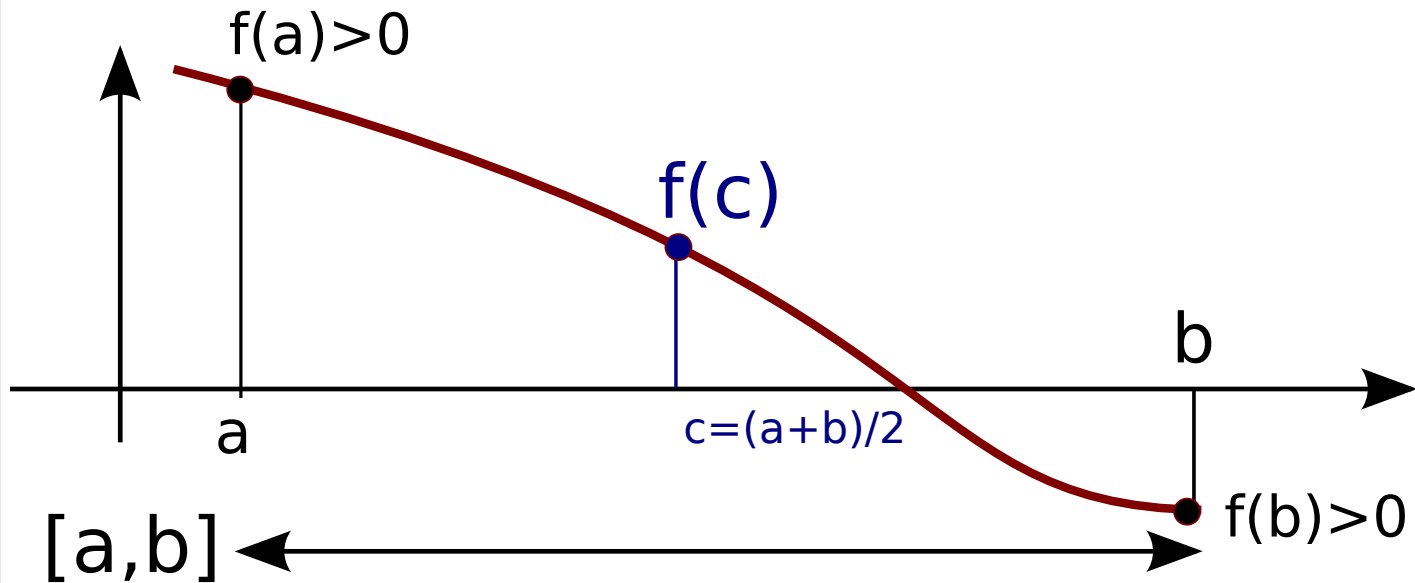
`x=a`

`while f(x)>0:`

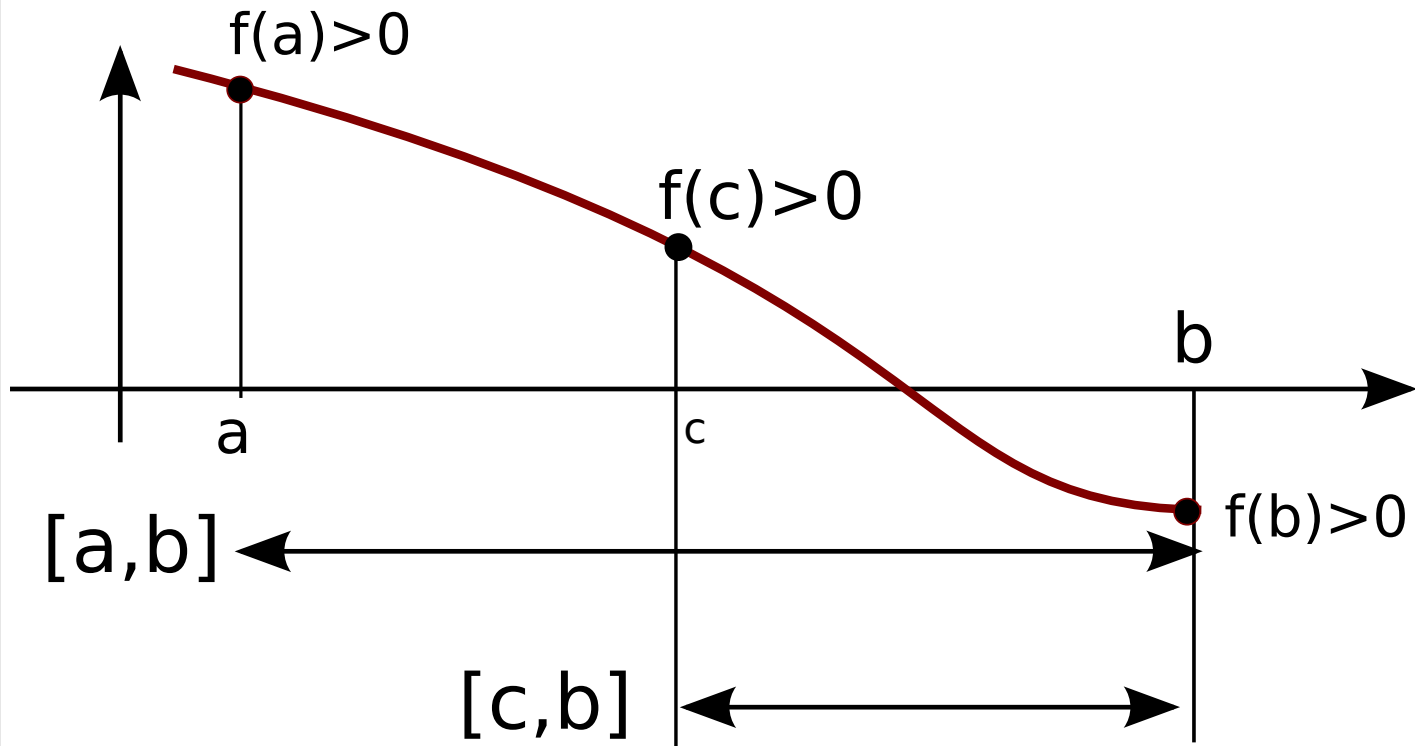
`x=x+dx`



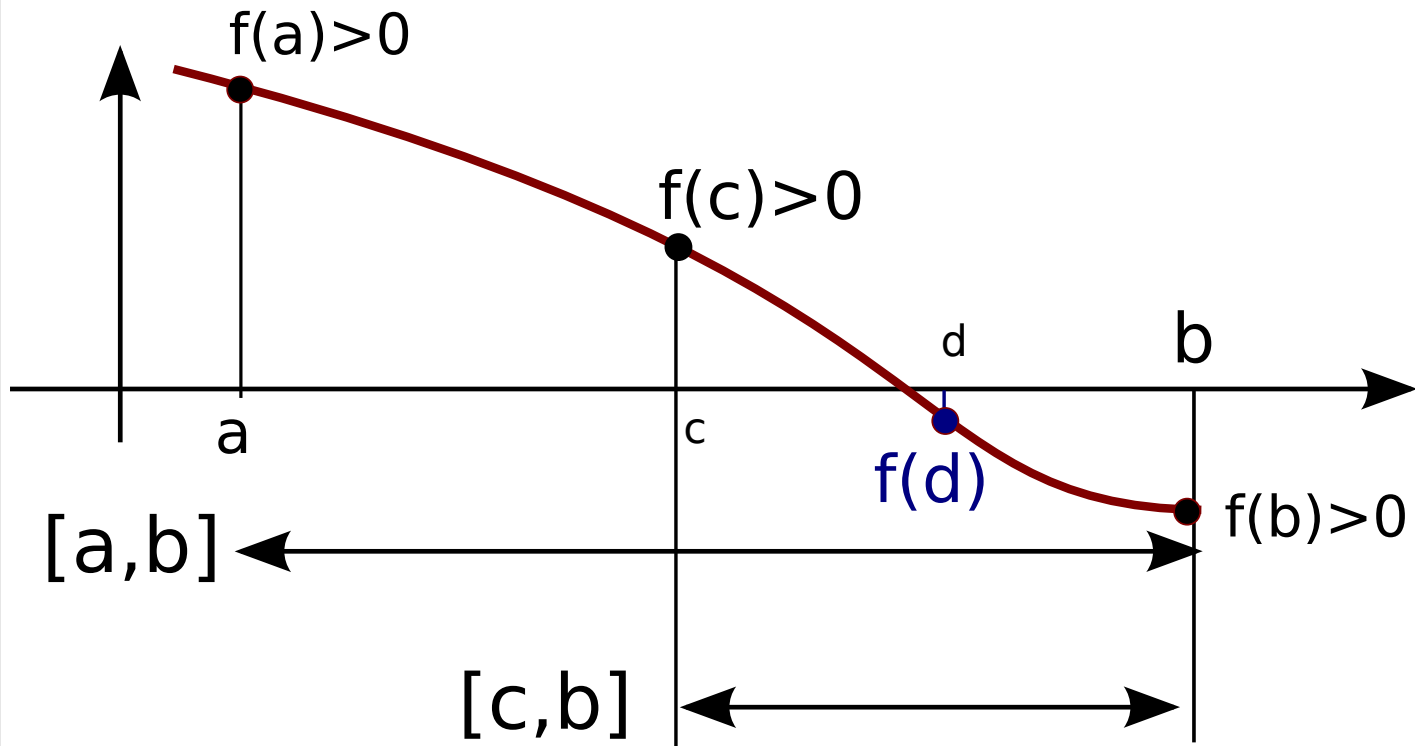
Dichotomie



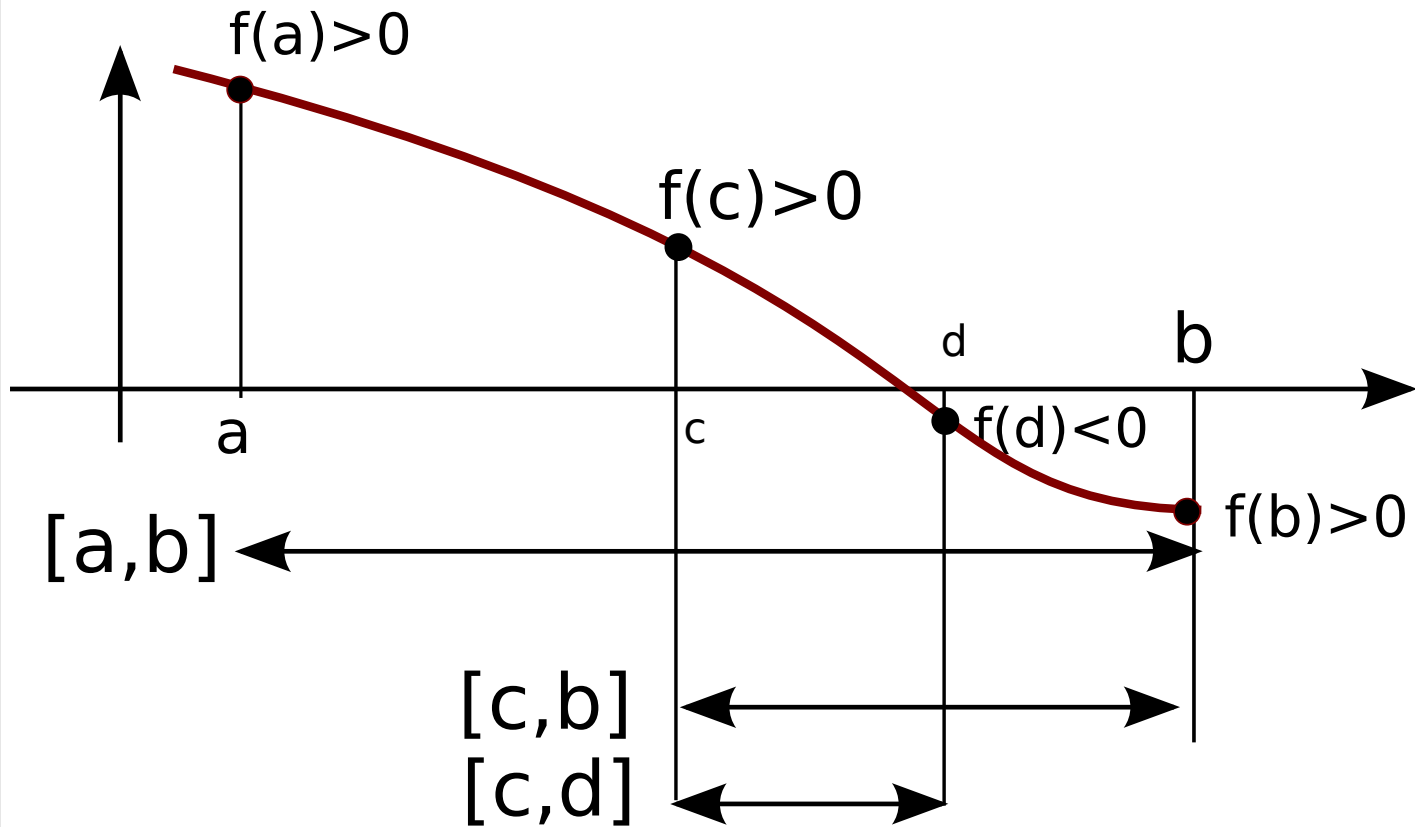
Dichotomie



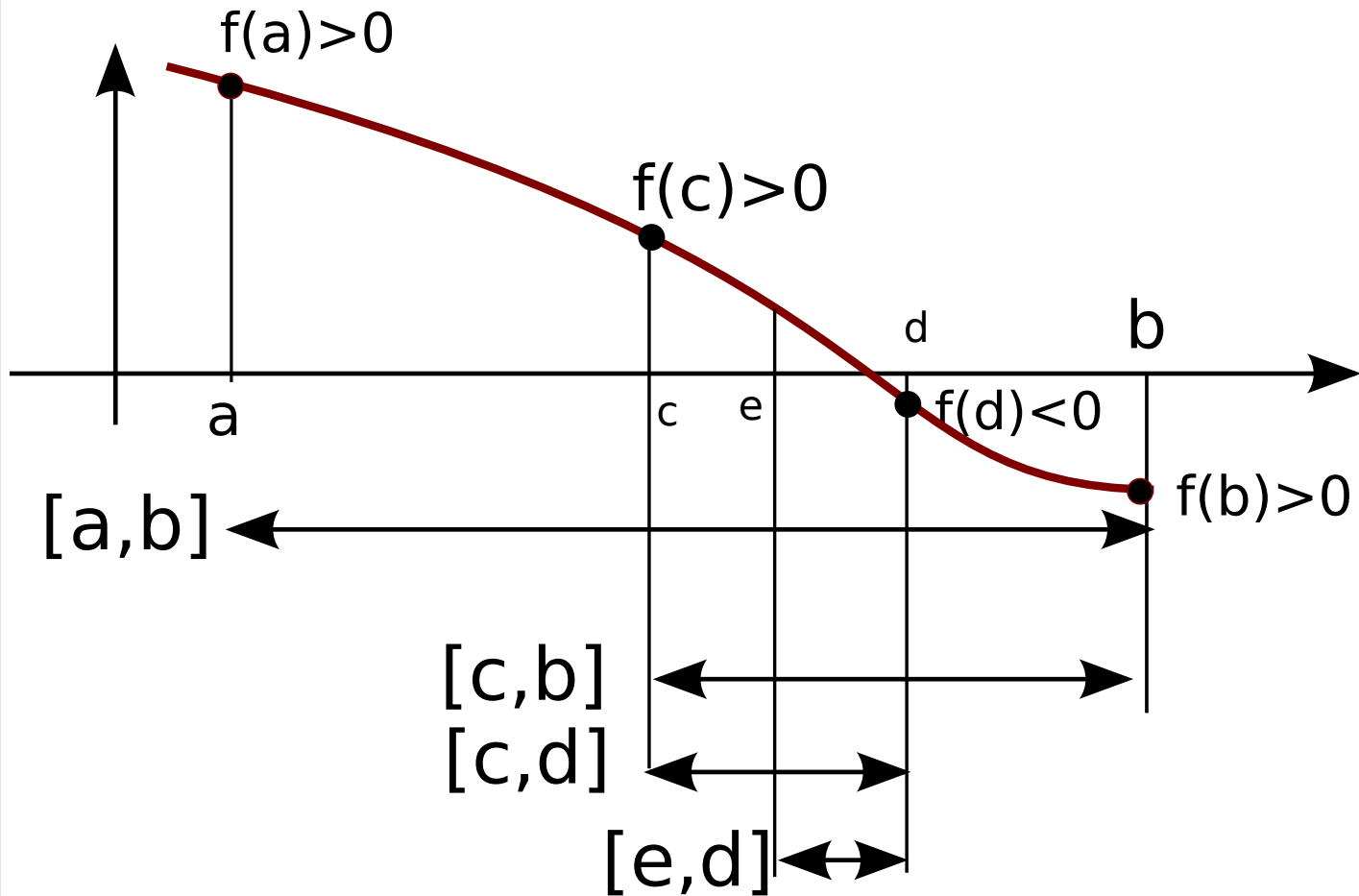
Dichotomie



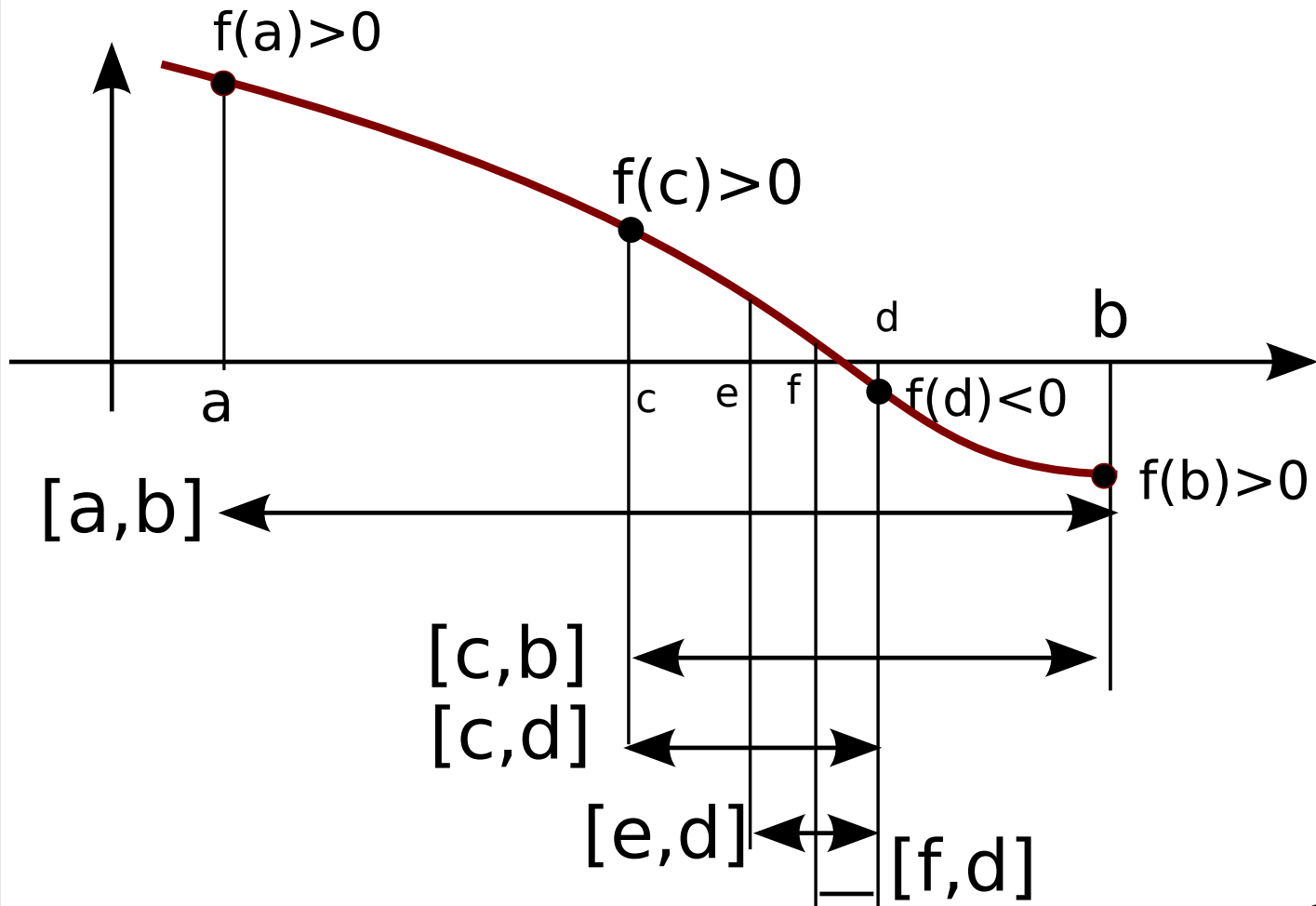
Dichotomie



Dichotomie



Dichotomie



Dichotomie

Algorithme

Soit $[a,b]$, $f(a) > 0$ et $f(b) < 0$

Tant que $|b-a| > \text{erreur_max}$

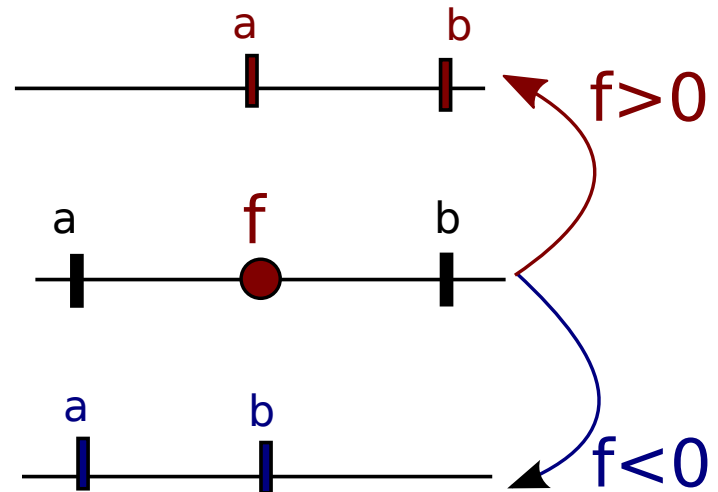
 Calculer $f(c)$, avec $c = (a+b)/2$

Si $f(c) > 0$

$[a,b] \leftarrow [c,b]$

Sinon

$[a,b] \leftarrow [a,c]$



Dichotomie

Application: calculer le zéro de f
pour un intervalle d'encadrement de 10^{-6}

Dichotomie

Application: calculer le zéro de f
pour un intervalle d'encadrement de 10^{-6}

```
dx=0.1
a=0
x=a
while f(x)>0:
    x=x+dx
a=x-dx
b=x

epsilon=1e-6
while abs(b-a)>epsilon:
    c=(a+b)/2
    if f(c)>0:
        a=c
    else:
        b=c

print(c, f(a), f(b))
```

Arguments en Python

Typage fort

Python est un langage "fortement" typé
(contrairement au C !)

```
def func(a):  
    s=type(a)  
    print(s)  
  
    return [a,5]
```

```
func("cheval")  
func(8)  
func(1.4)  
func(True)  
func([4,7])  
func([])
```

Le type est connu
à tout instant

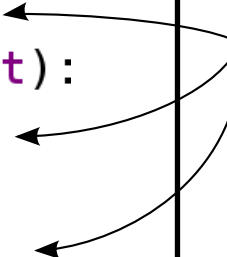
```
<class 'str'>  
<class 'int'>  
<class 'float'>  
<class 'bool'>  
<class 'list'>  
<class 'list'>
```

Type

```
def func(a):  
    if isinstance(a, str):  
        return "string"  
    elif isinstance(a, float):  
        print(a+4)  
    else:  
        return [4,5]
```

```
func("cheval")  
func(4.5)
```

rem.
Retour variable



isinstance : comparaison du type

ID

```
a=[4,7,8];  
b=[4,7,8];  
c=a;  
  
print(id(a),id(b),id(c))
```

id ~ adresse

=> Mais on n'accède pas à l'objet à partir de l'id!

Fonctions arguments

Les fonctions peuvent être passées en tant qu'argument

```
def affichage_simple(T):  
    print(T)  
  
def affichage_debug(T):  
    print("type : ",type(T))  
    print("id : ",id(T))  
    print("length : ",len(T))  
    print(T)  
  
def squared(v,afficher):  
    s=0  
    v2=[vk**2 for vk in v]  
    afficher(v2)  
  
v=range(-5,15,4)  
aff=affichage_debug  
  
squared(v,aff)
```

ex.

Optimisation/
Intégration
numérique

variable →